

# EVOLUCIÓN EN EL USO DE MODELOS A TRAVÉS DE LA ARGUMENTACIÓN EN UNA ACTIVIDAD DE GEOLOGÍA

Paloma Blanco Anaya, Joaquín Díaz de Bustamante  
*Universidade de Santiago de Compostela, España*  
paloma.blanco@usc.es

**RESUMEN:** En este artículo se analiza una actividad de geología en la que los estudiantes tienen que explicar cómo se formó el sinclinal de O Courel (Galicia, España). El objetivo consiste en examinar cómo el proceso de argumentación de los estudiantes contribuye a que éstos modifiquen sus modelos de superposición de los estratos, geocronología, tectónica de placas y erosión, mientras explican dicha formación geológica. La muestra está formada por dos grupos de estudiantes (N=8) de 1º de bachillerato de biología y geología. Los resultados muestran que el debate argumentativo entre los estudiantes favorece un cambio en el modelo de una de sus integrantes, lo cual fue promovido por las refutaciones y justificaciones basadas en el conocimiento científico. Este estudio pretende ampliar el conocimiento acerca de cómo ambas prácticas científicas se interrelacionan en la práctica.

**PALABRAS CLAVE:** modelos, argumentación, geología, educación secundaria.

**OBJETIVOS:** Se presenta un análisis que muestra cómo las operaciones argumentativas favorecen que los estudiantes negocien sus modelos para explicar cómo se formó el sinclinal de O Courel (Galicia, España). Así, el objetivo es analizar cómo el proceso de argumentación contribuye en la evolución del uso de los modelos en los estudiantes.

## MARCO TEÓRICO: LA CONTRIBUCIÓN DE LA ARGUMENTACIÓN A LA REVISIÓN Y USO DE MODELOS

A continuación se comenta la relación que se establece entre ambas prácticas científicas, la modelización y la argumentación, recogida en la literatura.

Entendemos por modelo una representación de un fenómeno (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000) que no facilita su comprensión. Así, una teoría es representada por un modelo, o bien, varios modelos conforman una teoría (Gilbert y Justi, 2016). En la tarea que se propone a los estudiantes, éstos deben emplear varios modelos englobados dentro del modelo de formación del sinclinal. La modelización es una práctica ampliamente extendida en la comunidad científica generando los modelos científicos, los cuales han sido previamente evaluados y consensuados a través de la argumentación.

Entendemos por argumentación el proceso en que se evalúan los enunciados considerando las pruebas disponibles (Jiménez Aleixandre, 2010). Como indican Berland y Reiser (2009), en el proceso

de elaborar una explicación los estudiantes deben dar sentido a los datos, presentar los argumentos y persuadir a los demás justificando que esa explicación es la más adecuada.

La relación de la modelización y argumentación se hace evidente cuando: 1) los modelos que usan deben ser adecuados al conocimiento y a las pruebas disponibles (Böttcher y Meisert, 2011; Gilbert y Justi, 2016), 2) el proceso de argumentación ayuda a evaluar si dicha explicación es acorde con esas pruebas, lo cual requiere de operaciones como la refutación (críticas a las pruebas que respaldan un enunciado (Kuhn, 1991)), los contraargumentos (argumentos alternativos al propio (Kuhn, 1991)), o bien la persuasión para llegar a consenso sobre qué modelo permite una mejor explicación (Oliveira, Justi y Mendonça, 2015) del fenómeno; 3) para establecer un patrón de datos con la información disponible tiene que haber un modelo que subyace (Passmore y Svoboda, 2012).

En cuanto al análisis de cómo se interrelacionan ambas prácticas en el contexto de aula, destaca la propuesta de Böttcher y Meisert (2011) quienes proponen una herramienta de análisis para conocer cómo la argumentación interfiere desde que el alumnado establece el modelo inicial hasta que el modelo objetivo, que debería ser semejante al modelo curricular (Gilbert, Boulter y Elmer, 2000). Sin embargo, Böttcher y Meisert no aplican esta herramienta en un análisis concreto. Por lo que destacamos el estudio de Mendonça y Justi (2013) en que se analiza esta cuestión en detalle, concluyendo que las operaciones argumentativas tienen lugar a lo largo de todo el proceso de modelización.

## METODOLOGÍA

Es un estudio de caso (cualitativo) en que se seleccionaron los grupos J y N de los 4 analizados por ser los que han desarrollado un discurso argumentativo que les lleva a evaluar y modificar los modelos que emplean. Estos grupos (N=8) de estudiantes cursaban la materia de Biología y Geología de 1º de bachillerato (16-17 años).

### Toma y análisis de los datos

Los datos fueron obtenidos por las grabaciones en audio y video, que posteriormente fueron transcritas, completado con los informes escritos de cada grupo.

Para el análisis, tomamos como base el marco analítico de Böttcher y Meisert (2011), el cual se presenta en tablas cuya primera columna recoge los turnos y los estudiantes, en la segunda se muestran las intervenciones, hay que indicar que se recogen los turnos relevantes para el análisis. En la tercera columna se representan las aplicaciones de los modelos que hace cada estudiante, utilizando las abreviaturas M1, M2, M3 y M4, y para las diferentes aplicaciones del modelo que hacen los estudiantes se les añade una letra minúscula (ej.: M1a, M1b), la flecha ancha en esta columna muestra cuál es el modelo definitivo adoptado por los estudiantes. En la cuarta columna se muestran, en rectángulos, los elementos argumentativos que intervienen, que pueden estar acompañados por un *dato* (indicado en el círculo) y/u otro *modelo* que sirva de apoyo (en un hexágono).

### Consideraciones de la actividad

Esta actividad (anexo I) requiere que los estudiantes tengan que manejar piezas de información en diferentes formatos (noticias de prensa, datos geocronológicos y descripciones de fósiles), usando modelos relacionados con la formación de un sinclinal (principio de superposición de los estratos (M1), geocronología (M2), tectónica de placas (M3) y erosión (M4), para explicar a cómo es y cómo se formó el sinclinal.

## RESULTADOS

En el grupo J, se han encontrado cuatro momentos en los que estas alumnas han modificado sus modelos a través de la argumentación, a continuación se comentan los dos ejemplos más significativos por la limitación en el espacio.

El primer modelo que discuten (tabla 1) está relacionado con la ‘situación inicial de los continentes’, pues en la noticia de prensa les indica que ‘Galicia como tal no existía. Estaba separada en dos partes’, lo cual fue interpretado de diferentes maneras por Juana y Josefa. En primer lugar Juana, t.9, expresa que los continentes estaban separados y se unieron, haciendo uso del modelo de tectónica de placas al que denominados M3a. No obstante Josefa, t.10, refuta este modelo indicando que el pliegue manifestaba la separación los mismos (M3b). En ese momento Juana no justifica por qué su modelo es correcto, de modo que las alumnas toman por válido el modelo de Josefa, hasta que ésta se da cuenta de que su modelo es contradictorio con la información indicada en la noticia de prensa, rechazando su anterior modelo “*Espera porque aquí pone, hace más de 350 millones de años Galicia como tal no existía, estaba separada en dos partes la occidental y la oriental, o sea*” (Josefa, t.54), enunciando el M3a expuesto por Juana, de modo que el modelo con el que explican la situación inicial de los continentes es el M3a, el cual Julia, t.66, trata de reforzar con una justificación “*este plegamiento es la unión de los dos*”.

Tabla 1.  
Evolución del modelo empleado para explicar  
‘la situación inicial de los continentes’ (Grupo J)

t	Estudiante	Transcripción	Modelo	Proceso argumentativo
<i>Situación inicial de los continentes</i>				
8	Josefa	Que quieren hacer esto [sinclinal] espacio protegido para...		
9	Juana	Esto antes no estaba junto. Estaba dividido en dos partes y lo que las separaba, que luego al final se acabaron uniendo, es lo que quieren hacer...	M3a El pliegue indica la unión de las dos partes	
10	Josefa	No. Estaba unido el continente de Laurasia y de Godwana y había un mar. Bueno pues al separarse los continentes, es cuando se empezó a formar el territorio de lo que actualmente es Galicia y esta es una prueba de... o sera, es una prueba de... que se separaron	M3b Los continentes estaban unidos y al separarse se formó el pliegue	REFUTACIÓN El pliegue es una prueba de que se separaron
11	Juana	Y ahora lo quieren hacer espacio protegido		
12	Juana	Y ahora, la Consellería de medio rural y eso todo lo quieren hacer espacio protegido		
13	Julia	Pero no estaba Galicia separada... estaba compuesta por dos...		REFUTACIÓN El pliegue es una prueba de la colisión
14	Juana	Si, vale		
15	Josefa	Por dos continentes		
16	Juana	Es que entendí yo mal		
54	Josefa	Espera porque aquí pone, hace más de 350 millones de años Galicia como tal no existía, estaba separada en dos partes la occidental y la oriental, o sea	M3a Galicia estaba separada en dos partes	NOTICIA DE PRENSA
55	Juana	Ves! Lo que yo decía que estaba partido		
56	Josefa	Yo decía que pertenecía a dos continentes		
61	Josefa	[lee] Desde entonces se ha quedado unida y la prueba visible de esta gigantesca colisión de placas es el gran plegamiento acostado de O Courel	M3a El pliegue indica a unión de las dos partes	
62	Juana	Ves, es lo que dije yo Josefa.		
63	Josefa	Entonces...		
64	Julia	Es la unión		
65	Juana	Como estaba separada...		
66	Julia	Este plegamiento es la unión de los dos		JUSTIFICACIÓN El plegamiento es la unión de los dos

El segundo debate comienza cuando establecen la ‘ordenación de los sucesos’ (tabla 2), es decir, desde la fosilización hasta la aparición de los fósiles en la montaña. Josefa, t.101, indica que antes del Carbonífero los fósiles están entre los continentes y, tras este periodo, se juntan los continentes. En ese momento Juana expone t.102 “*a lo mejor habría que decir cuáles estaban en un trozo y cuales en otro*”, lo cual no coincide con Josefa, pues lo que Juana considera es que los fósiles ya estaban en los continentes antes de la colisión, lo cual hemos considerado M2a (modelo ‘geocronológico’).

Tabla 2.  
Evolución del modelo empleado para explicar la ‘ordenación de los sucesos’ (Grupo J)

t	Alumna	Transcripción	Modelo	Proceso argumentativo
<i>Ordenación de los sucesos</i>				
101	Josefa	Sí, vale entonces, cuando estaban separados había estas diferentes cosas [fósiles]. Después cuando ya llegamos al carbonífero es cuando ya están juntos		
102	Juana	A lo mejor habría que decir cuáles estaban en un trozo y cuáles en el otro	M2a Fósiles repartidos en continentes	
103	Julia	Y una cosa... a lo mejor hay que empezar por abajo, en plan si hay que empezar por abajo...	M1 Ordenación estratos	
104	Josefa	Es que claro si se juntaron hace 350 ma...		
105	Julia	Es que entonces habrá que empezar por el Cámbrico, luego por el Ordovícico...		
110	Jacinta	A ver, ¿qué pongo? El primer fósil será, ¿no? Es que no sé como ponerle		
111	Julia	Escribe tú [le dice a Juana]		
112	Josefa	Para empezar, estos todos estaban en esa zona, no estaban en ningún continente, porque son todos marinos, así que	M2b Fósiles en el océano	REFUTACIÓN Fósiles marinos
113	Juana	En primer lugar, entonces es que la montaña, o lo que fuera estaba cubierta de agua. Y por eso quedaron ahí los fósiles pegados	M2c Fósiles en la montaña, montaña cubierta por el océano	Fichas fósiles
114	Josefa	No, porque la montaña no existía que se formó con el choque de las placas, no es que estuviera la montaña ahí		REFUTACIÓN Montaña como resultado de la colisión
115	Julia	Entonces, a lo mejor, antes de haber esa montaña había agua		Tectónica placas
116	Josefa	Es lo que te estoy diciendo		
117	Jacinta	Claro, son marinos, agua tenía que haber	M2b y M1 Fósiles en en océano ordenados según época	
122	Jacinta	Había un océano pero estas cosas no estaban todas iguales, unas vinieron antes y otras después, no estaban todas en el océano		
123	Josefa	Claro... según la época, primero llegaron estos, ahora llegan estos y después estos		
124	Jacinta	Es como lo que estamos viendo ahora en Biología que con el tiempo van, aunque que haya mar con el tiempo se va retirando		
125	Juana	Es como el cómic ese que puso de las viñetas. Primero había mar, aparecieron unos, se retiró el mar, después igual volvió otra vez el mar	M2c Fósiles en la montaña, la montaña cubierta por océano, hasta que el mar se retiró	
126	Jacinta	Claro, es que antiguamente había un océano.		
127	Josefa	A principios del Cámbrico		
136	Jacinta	Había un océano		
138	Josefa	Del que solo quedan las rocas calcáreas		
154	Juana	El océano, el océano no cubriría...		
155	Jacinta	Es que no podía haber ninguna montaña. La montaña se formó cuando chocaron, cuando se produjo el golpe		REFUTACIÓN Montaña como resultado de la colisión
156	Julia	Claro, pero en lugar de haber la montaña ¿no? ¿Tú dices eso? [habla con Juana]		Tectónica placas
157	Jacinta	El el fondo del océano habría arena o así, donde quedarían enterrados los diferentes cosas [fósiles]		
158	Josefa	¡Estaban separados los continentes!	M2b y M3 Fósiles en la arena del fondo oceánico, que con el choque se levantaron	JUSTIFICACIÓN Fosilización en la arena
159	Juana	Claro, quedaron fosilizados como en el fondo del océano y cuando colisionaron		
161	Juana	Todo vino hacia arriba		
162	Josefa	Claro, muy bien Juana		

Josefa refuta este modelo justificando que los fósiles son marinos, por lo que estaban en el océano (M2b), empleando para ello los datos que aparecen en las fichas de los fósiles. Debido a que Juana no tiene datos para refutar ese argumento de Josefa ésta opta por adaptar esa información a su modelo inicial (M2a), modificándolo a un M2c, en el que integra que los fósiles sean marinos porque la montaña estaba cubierta por agua, como se deduce del t.113, *“En primer lugar, entonces es que la montaña, o lo que fuera estaba cubierta de agua. Y por eso quedaron ahí los fósiles pegados”*. Pero en ese mismo momento Josefa rechaza el modelo M2c de Juana justificando que *“No, porque la montaña no existía que se formó con el choque de las placas, no es que estuviera la montaña ahí”* (114), en la que aplica el modelo de tectónica de placas. En las siguientes intervenciones las alumnas explican que los fósiles están ordenados en el océano *“según la época”* (Josefa, t.123), pero en cuanto Juana se dispone a redactar la organización de los fósiles propone de nuevo que el océano cubriese la montaña. Josefa vuelve a refutar empleando la misma justificación, pero en esta ocasión es Jacinta quien consigue que Juana modifique su modelo indicándole *“En el fondo del océano habría arena o así, donde quedarían enterrados los diferentes cosas [fósiles]”* (t.157). Así consiguen que Juana cambie su modelo (M2c) por el modelo M2b, relacionándolo con la tectónica de placas (M3), al indicar *“Claro, quedaron fosilizados como en el fondo del océano y cuando colisionaron todo vino hacia arriba”* (t.159-161). La importancia de que Juana modificase su modelo se debe a que es quien está redactando la historia geológica del sinclinal, por ello sus compañeras tratan de que comprenda cómo fue el orden de los sucesos.

En el caso del grupo N, el único momento en que discuten los modelos a través de la argumentación es al final de la tarea, cuando se les pregunta por los motivos de que no tengamos más datos registrados a partir del Devónico.

Tabla 3.  
Evolución del modelo empleado para explicar “por qué no hay más datos registrados a partir del Devónico” (Grupo N)

t.	Alumno	Transcripción	Modelo	Proceso argumentativo
<i>Por qué no hay más datos registrados a partir del devónico</i>				
201	Narciso	Pon... porque posiblemente no se depositaron más fósiles ahí	M1 no hubo deposición	CONTRAARGUMENTO
202	Nicolás	Es que no se depositaron más fósiles!		
203	Noe	Porque no se depositaron ¿qué?		
204	Narciso	Más fósiles y bueno... no tenemos más datos		
205	Néstor	Por que no... a ver déjame ver un momento		REFUTACIÓN el choque levanta los materiales que se erosionan noticia prensa
206	Nicolás	Venga escribe tú	M4 erosión elimina materiales	
207	Néstor	Porque desapareció, por una erosión pudo desaparecer		
208	Narciso	O... porque no se depositaron más fósiles...	M1 no hubo deposición	
209	Néstor	Dijeron que había un choque, una colisión. Y que después con la fuerza lo levantó para arriba al océano		
210	Nicolás	Pues?		
211	Néstor	Pero... ¿cómo se lo pongo?		
212	Nicolás	A ver, las placas empezaron a chocar una con otra y entonces eso hizo que se levantara una de ellas	M3 Levantamiento por colisión	
213	Néstor	Se levantó el Courel... [copia y escribe lo que él quiere, acaba y entrega]		

Como se ve en la tabla 3, Narciso emplea el modelo de ‘superposición de los estratos’ (M1) indicando *“porque posiblemente no se depositaron más fósiles ahí”* (t.201). Otra explicación es proporcionada por Néstor, quien aplica el modelo de ‘erosión’ (M4), de modo que genera un contraargumento, t. 207, *“porque desapareció, por una erosión pudo desaparecer”*, aunque no parece convencer a sus compañeros, de modo que Néstor recurre a otro modelo, el de la ‘tectónica de placas’, con el que explica la formación del pliegue, y refuta al M1 de Narciso, puesto que el levantamiento del pliegue provocó la erosión.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados mostrados en ambos grupos se concluye que el intento de persuasión es lo que favorece la evolución en el uso de los modelos, ya que esa persuasión va acompañada de contraargumentos y, principalmente, de refutaciones en las que emplean datos científicos. Destaca la evolución del modelo de Juana durante la discusión sobre 'la ordenación de los sucesos'. Este cambio de modelo fue impulsado por el aporte de justificaciones por parte de sus compañeras. El ejemplo de Juana así como el caso de Josefa, quien cuestiona su propio modelo inicial, refuerzan las aportaciones de Mendonça y Justi (2013) quienes indican que los estudiantes argumentan tanto para discernir cuál de los dos modelos es más adecuado como para evaluar un único modelo.

No obstante, convendría analizar si Juana es capaz de explicar un fenómeno similar en un contexto diferente o es un aprendizaje en un contexto de terminado (Brown, Collins y Duguid, 1989), pues el cambio de modelo ocurre a nivel oral, donde se articulan las ideas expresadas, pero ello no implica un cambio a nivel cognitivo, que consideraríamos el cambio conceptual propiamente dicho.

En nuestra opinión, desarrollar actividades que favorezcan ambas prácticas científicas contribuye, por un lado, a que los estudiantes apliquen su conocimiento científico a partir de la explicación de dicho fenómeno y, por otro lado, mejora su conocimiento al ser capaces de justificar y persuadir a sus compañeros empleando la argumentación.

## REFERENCIAS (SELECCIÓN)

- BERLAND, L. K., y REISER, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanations. *Science Education*, 93(1), 26-55.
- BÖTTCHER, F., y MEISERT, A. (2011). Argumentation in science education: A model-based framework. *Science & Education*, 20(2), 103-140.
- GILBERT, J. K. y JUSTI, R. (2016). *Modelling-based Teaching in Science Education*. Basel, Switzerland: Springer International Publishing.
- MENDONÇA, P. C. C., y JUSTI, R. (2013b). The relationships between modelling and argumentation from the perspective of the model of modelling diagram. *International Journal of Science Education*, 35(14), 2407-2434.
- PASSMORE, C. M., y SVOBODA, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1535-1554.

## ANEXO I

### **¿Cuál es la verdadera historia del sinclinal de O Courel?**

En la Sierra de O Courel, en particular en la parte que pertenece al Ayuntamiento de Quiroga, se aprecian unas estructuras geológicas de gran magnitud que datan de varios millones de años. Desde hace años esta estructura es visitada por numerosos visitantes y Geólogos de varios puntos de Europa. Algunos de estos Geólogos investigaron la geología de la Sierra de O Courel, pero cada uno dentro de su propia disciplina. Ante esa afluencia de visitantes el Ayuntamiento de Quiroga instaló un mirador en Campodola. Ahora pide colaboración a los estudiantes de Geología de Galicia para elaborar un panel informativo en el que se narre la historia geológica más relevante de esta Sierra.

El problema es que disponemos de varias piezas de información que se pueden ver a continuación (noticia prensa, tablas cronológica y de rocas predominante, fichas de fósiles encontrados). Por lo tanto, debéis reunir esas piezas y reconstruir la historia geológica de la sierra, de una forma simple e indicando los materiales que la forman.

Pregunta final: ¿por qué no hay más datos registrados a partir del Devónico?

